Agronomía Costarricense 16(2): 211-218. 1992

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS DE CAFE (*Coffea arabica L.*) CON LOS MEDIDORES MOTOMCO 919 Y TECATOR P25[1]

Ronald Jiménez *
Juan Bulgarelli **

ABSTRACT

Moisture content determination in coffee *(Coffea arabica)* beans using the Motomco 919 and Tecator P25 electric meters. A modified version of the ISO 1447 oven method for moisture content determination was tested with parchment and green coffee. Good results were obtained as compared to the original method (average variation of 0.2% wet basis). The overall performance of the Motomco 919 and Tecator P25 meters was evaluated within the range of 9 to 50% (w.b.) of moisture content. For moisture contents below 35% (w.b.), a close relationship was found between the moisture content determined by the oven method and the meters readings, but for moisture readings over 35% (w.b.) the meters can not be used confidently due to erratic performance. The original calibration charts of the Motomco moisture meters were evaluated in both types of grains. Significant differences in moisture content measurements for parchment coffee were detected between the meter and the reference oven method, with variations between -2.38 and 4.53% (w.b.). For green coffee, the values obtained with the Motomco original chart were always higher than those obtained with the reference method. In order to improve the accuracy of the moisture content determinations made with the electric meters, new calibrations were designed using coffee beans grown in this country. An accuracy of 0.54% (w.b.) for parchment coffee and 0.21% (w.b.) for green coffee was obtained with the Motomco 919 new calibration charts, while the accuracy obtained with the Tecator P25 was 0.87% for parchment coffee and 0.48% for green coffee.

INTRODUCCION

Hoy en día, la calidad es el argumento principal de Costa Rica para promocionar y vender su café en el mercado mundial. Esta calidad proviene de un cuidadoso manejo del cultivo en el campo y de un adecuado tratamiento en el beneficiado y en el almacenamiento del producto. El café pergamino con alta humedad se deteriora rápidamente, por lo que es imprescindible reducir su humedad hasta 11 o 12% b.h. (Asociación Nacional de Café, 1985), considerada óptima para su almacenamiento y posterior procesamiento. Esta humedad se conoce como "punto" (Jiménez y Mata, 1991).

La determinación del contenido de humedad en café se puede efectuar empírica o técnicamente. La determinación empírica la lleva a cabo el encargado del proceso de secado valiéndose de su experiencia, observando el color y la dureza del café oro. Este procedimiento es inconveniente, ya que es inexacto (Oliveros *et al.*, 1989).

1/ Recibido para publicación el 25 de octubre de 1991.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) y Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica. Miembro del programa financiero de apoyo a investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica (CONICIT).
** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

La determinación técnica de la humedad se realiza mediante los métodos llamados directos (e.g. método del horno) y los métodos llamados indirectos (e.g. medidor de humedad eléctrico) (Marques y Ribeiro, 1984). Los primeros consumen muchas horas, aunque la humedad que se obtiene se considera exacta (Christensen, 1974), mientras que los segundos son métodos sumamente rápidos, aunque la precisión obtenida es menor (Menchú y Yurrita, 1969). No obstante, ambos métodos son complementarios, ya que los directos se utilizan para calibrar los indirectos (Marques y Ribeiro, 1984).

Jiménez y Mata (1991) mencionan que la calibración de los medidores para café no se ha estudiado con rigurosidad científica en Costa Rica. Al evaluar los medidores elétricos Dole y Steinlite, encontraron que no estiman con exactitud la humedad del café, por lo que efectuaron una nueva calibración. Además, recomendan la calibración del medidor Motomco 919, utilizado ampliamente en la determinación de humedad en cereales.

Los objetivos principales de este trabajo fueron: identificar algunos aspectos que afectan la calibración de los medidores de humedad Motomco 919 y Tecator P25, así como la elaboración de tablas de calibración para la determinación del contenido de humedad en café pergamino y café oro.

MATERIALES Y METODOS

Recolección y preparación de las muestras

El café pergamino utilizado en esta investigación se recolectó en el Beneficio de la Cafetalera Tournón Ltda., situado en Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia. Con el fin de abarcar todo el ámbito de humedades encontrado en el secado, almacenamiento y posterior proceso del café, se muestrearon 3 secadoras en funcionamiento del tipo Guardiola. La primera se encontraba al inicio del secamiento, la segunda a la mitad del proceso y la tercera hacia el final. Las muestras se extrajeron de las secadoras a intervalos de una hora, usando las compuertas existentes para inspección y muestreo. Las muestras obtenidas (1 kg) se empacaron herméticamente en doble bolsa de polietileno y se almacenaron en una cámara de refrigeración a 10 ± 2°C, con el propósito de estabilizar la humedad y conservar adecuadamente la calidad del material experimental.

Además del muestreo periódico en las 3 secadoras, se tomaron muestras al azar en otras secadoras para cubrir el ámbito de humedades normales durante el secamiento del café. También se tomaron 5 muestras de una presecadora, para contar con muestras de café pergamino con altos contenidos de humedad (25 y 50% b.h.).

Para la preparación de las muestras de café oro se utilizó café pergamino con una humedad inferior a 20% b.h..

Para las pruebas con bajos contenidos de humedad se utilizaron 3 lotes de café pergamino y 4 de café oro, los cuales se acondicionaron utilizando un secador experimental de capa estacionaria, hasta obtener muestras con humedades menores de 12% b.h. para café pergamino y de 11% para café oro. En total se trabajó con 51 muestras de café pergamino, cuyo ámbito de humedad fue de 9 a 48% b.h. y 24 de café oro, cuyo ámbito de humedad fue de 9 a 20% b.h.

Trabajo de laboratorio

Este se llevó a cabo en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), de la Universidad de Costa Rica. Se determinó el contenido de humedad en las muestras de café con un método de referencia (horno) y se relacionaron con las lecturas obtenidas con los medidores eléctricos de humedad.

Para obtener los contenidos de humedad con el horno se utilizó el método "ISO 1447 modificado" (International Standarization Organization, 1978), en el cual el café entero se seca en un horno de convección forzada a 130 ± 2°C, a presión atmosférica durante un primer período de 6 h, seguido de un reposo de al menos 15 h y un segundo período de 4 h.

Se utilizaron 2 determinadores eléctricos de humedad, el Motomco 919 (serie A 230) y el Tecator P25. El procedimiento para obtener las lecturas en cada medidor fue el indicado por el respectivo fabricante (Motomco, s.f. y Tecator, s.f.). Algunos detalles de este procedimiento se mencionan a continuación.

Con el Motomco, se utilizó un ajuste de 63 para el café pergamino y de 53 para café oro, en vista de que en granos básicos este ajuste ofrece resultados satisfactorios. De cada muestra de café pergamino se tomó una submuestra de 175 g, mientras que de cada muestra de café oro se tomó una submuestra de 250 g. Con el Tecator, de cada muestra de café pergamino o de café oro se tomó

una submuestra de 250 ml, sin eliminar las posibles impurezas. A cada submuestra se le hicieron 5 lecturas, las cuales se promediaron para obtener la lectura de la muestra. Las lecturas se realizaron con una temperatura del grano de 25°C.

Análisis estadístico de los datos

Una vez obtenidas las humedades del horno y las lecturas de los medidores, se determinaron las respectivas ecuaciones de regresión, se realizaron los análisis de variancia, se calcularon los coeficientes de determinación y el error estándar de la estimación para cada tipo de café y cada medidor. Este análisis estadístico es consecuente con el realizado por otros autores (Boyce, 1960; Menchú y Yurrita, 1969; Wootton, 1967; Oliveros *et al.*, 1989; Jiménez y Mata, 1991). Para cada calibración se calculó una ecuación lineal y una ecuación cuadrática y se seleccionó la que tuvo el mayor coeficiente de determinación y el menor error estándar, ya que en este tipo de trabajos el error estándar es una medida de la precisión del determinador (Doebelin, citado por Oliveros *et al.*, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Método ISO 1447 modificado

El método ISO 1447 consta de un primer período al horno en el que se obtiene la humedad de la muestra y de un segundo período, que sirve para obtener la corrección empírica. En este trabajo, con el segundo período se obtuvo una corrección empírica promedio de 0,2%, respecto al método de referencia básico, ISO 1446. Corrección que no compensa el costo y el tiempo invertido en esta operación, sobre todo cuando se analizan muchas muestras.

Si al método ISO 1447 con un solo período al horno (modificado) se aplica una corrección empírica constante de +0,2%, daría humedades similares a las del ISO 1446. Oliveros *et al.* (1989) indican que el método ISO 1447 se puede usar confiablemente con un solo período al horno.

Otro método que se usa en la determinación de la humedad en café es el ISO 6673. Sin embargo, en este trabajo se determinó que es menos preciso y requiere de mayor tiempo que el ISO 1447 modificado.

Calibración de un medidor de humedad

El promedio de las desviaciones estándar de las 5 lecturas por muestra, cuando se usó el Motomco, fue 0,6% para café pergamino y 0,5% para café oro. Cuando se empleó el Tecator fue 0,2% para café pergamino y 0,1% para café oro. La mayor desviación obtenida con el Motomco se debe fundamentalmente a que las lecturas con este medidor se toman cuando la aguja del dial alcanza la posición mínima hacia la izquierda de la escala, lo cual a veces es difícil de definir. Con el Tecator, el valor simplemente se lee en la pantalla.

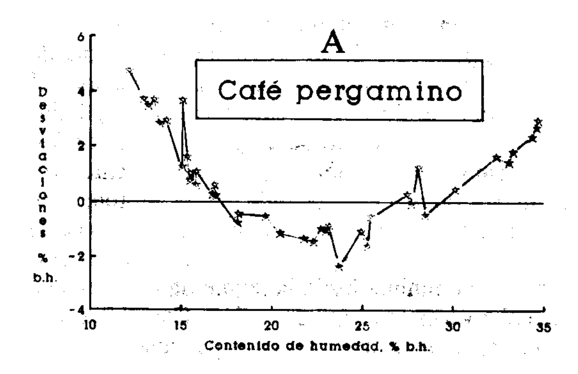
Para calibrar los medidores se usaron 51 muestras de café pergamino y 24 de café oro. Estas cantidades fueron similares a las empleadas por Jiménez y Mata (1991) y constituyeron el número medio entre las usadas por otros investigadores (Boyce, 1960; Wootton, 1967; Menchú y Yurrita, 1969), (Oliveros *et al.*, 1989). La cantidad de muestras que se utilice depende de la amplitud del ámbito de humedades dentro del cual se pretende calibrar el medidor. Además, tan importante como la cantidad de muestras es su distribución dentro del ámbito de humedades elegido.

Niveles de humedad

El ámbito seleccionado corresponde a las humedades en que se realiza el acondicionamiento del café pergamino (9 a 48%) y oro (9 a 20%) en Costa Rica. Además, coincide con las humedades analizadas en la mayoría de los investigaciones consultadas. A pesar de que Anderson (1978) afirma que el ámbito en que los medidores de capacitancia es de 2 a 25%, la tabla de conversión original para café pergamino, suministrada por el fabricante del Motomco, permite obtener humedades entre 4,37 y 60,30% b.h. Así mismo, el fabricante del Tecator indica que este medidor es exacto en el ámbito de humedad de 1 a 35%.

Desviación entre las humedades del horno y las obtenidas con los medidores indirectos

Medidor Motomco. En la Figura 1A se muestra el comportamiento de las desviaciones entre los contenidos de humedad obtenidos con las tablas de calibración originales del Motomco y las obtenidas con el método de referencia (horno), para café pergamino. El ámbito de estas desviaciones fue de -2,38 a 4,53%. De 42 observaciones, 64,3% presentaron una desviación mayor de 1%. El promedio de las desviaciones fue de 1,50% y su desviación estándar fue de 1,08%.



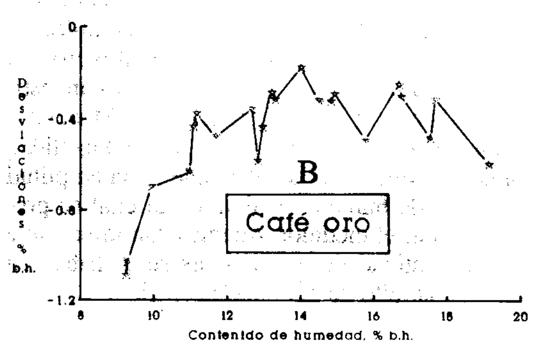


Fig. 1. Desviaciones de los contenidos de humedad obtenidos con las tablas de conversión originales del Motomco con respecto a los determinados por el método del horno.

Además, las desviaciones de mayor magnitud ocurrieron alrededor de 12% de humedad. Lo anterior demostró que las tablas de calibración originales son inadecuadas para determinar satisfactoriamente el contenido de humedad del café pergamino producido y procesado en nuestro país, por lo que se realizó una calibración nueva para el medidor.

En la Figura 1B se observan las desviaciones de los contenidos de humedad obtenidas con las tablas de calibración originales del Motomco, con respecto a las humedades obtenidas con el método de referencia para café oro. El ámbito de estas desviaciones fue de -1,08 a -0,16% b.h. De 22 observaciones, 2 tuvieron valores absolutos mayores de 1%. El promedio de las desviaciones fue de 0,47% y su desviación estándar fue de 0,25%. De lo anterior se desprende que las tablas de calibración originales del Motomco para café oro son aceptables. Sin embargo, el hecho de que las humedades del Motomco fueran siempre mayores que las humedades determinadas con el horno, fue razón suficiente para hacer una calibración nueva.

Con respecto al determinador de humedad Tecator, no se pudieron realizar comparaciones similares a las anteriores debido a que no contaba con una calibración previa para café.

Calibración de los medidores

Se observaron 2 patrones diferentes al comparar las humedades obtenidas con el horno y las lecturas de los medidores para café pergamino en el ámbito de 9 a 48% de humedad. Entre 9 y 35% las lecturas del medidor presentaron una tendencia definida a aumentar conforme se incrementaron los valores de humedad del horno, mientras que entre 35 y 48% las lecturas del medidor no mostraron una tendencia clara a aumentar conforme incrementó la humedad al horno. Jiménez y Mata (1991) encontraron que los medidores Dole y Steinlite se comportan erráticamente en café con humedades mayores de 40%. Estos hechos, que concuerdan con lo establecido por Anderson (1978) respecto a que los medidores de capacitancia operan satisfactoriamente dentro de ciertos ámbitos de humedad, llevaron a la decisión de realizar un análisis estadístico para café pergamino, en el ámbito de 9 a 35%. Para café oro el ámbito analizado fue de 9 a 20% b.h.

Calibración del Motomco para café pergamino

En la Figura 2A se observa la dispersión de los contenidos de humedad obtenidos con el método de referencia, con respecto a las lecturas del Motomco y la curva de calibración que más se ajusta a esta relación. La ecuación que mejor estimó los contenidos de humedad en el café pergamino (Y), a partir de las lecturas del Motomco (X) en el ámbito de 6,4 a 51 unidades, fue:
$Y = 12{,}997132 - 0{,}057668\ X + 0{,}009597\ X^2$ (1).
Con humedades inferiores a 11%, las lecturas obtenidas con el Motomco fueron siempre menores de cero. Otro aspecto que demuestra la necesidad de una nueva calibración, es que a una humedad de 12,15% en el horno, le correspondió un porcentaje de humedad de 7,42 según las tablas de conversión originales del Motomco, mientras que la humedad estimada por la ecuación (nueva calibración) fue 13,02%.

Debido a que con el Motomco no se obtuvieron lecturas cuando las humedades fueron inferiores a 11%, se probaron 3 muestras de café pergamino (8, 9,3 y 10,5% de humedad), utilizando 3 medidores Motomco, con 3 ajustes de calibración

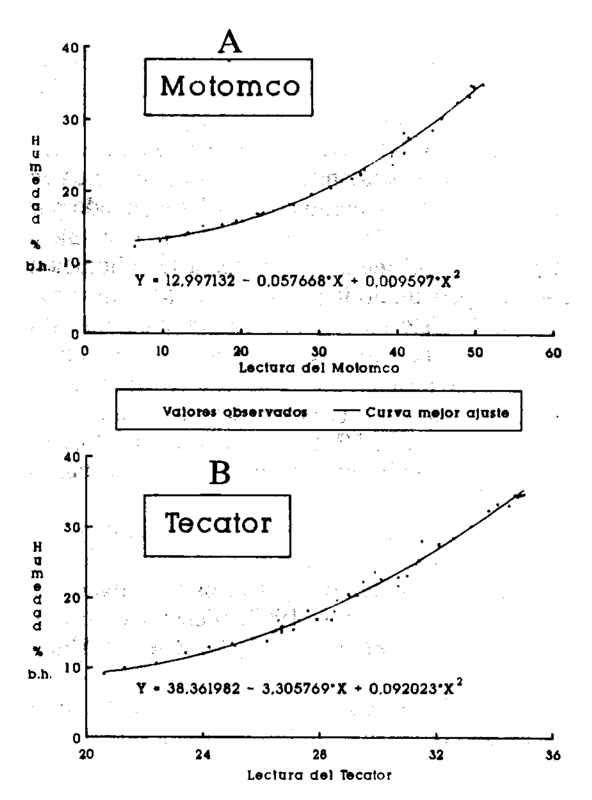


Fig. 2. Diagrama de dispersión y curvas de mejor ajuste para la calibración de los determinadores de humedad con café pergamino

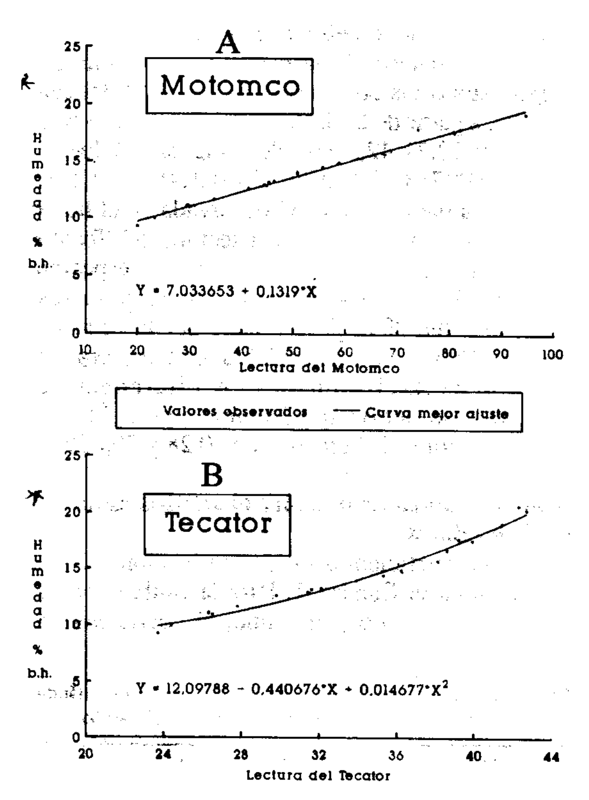


Fig. 3. Diagramas de dispersión y curvas de mejor ajuste para la calibración de los determinadores de humedad con café oro.

diferentes: 63, 73 y 83. Con el Motomco A 230 no se obtuvo lecturas bajo ningún ajuste, mientras que con los otros dos (G 497 y G 8454) las lecturas fueron decrecientes en los 3 ajustes. De lo anterior se desprende que el Motomco A 230 se comportó de manera particular y por lo tanto, su calibración también es particular.

Calibración del Tecator con café pergamino

La Figura 2B presenta el diagrama de dispersión de los contenidos de humedad obtenidos con el método de referencia (horno), con respecto a las lecturas del medidor Tecator y la curva de calibración que más se ajusta a esta relación. La ecuación que mejor estimó los contenidos de humedad del café pergamino (Y), a partir de las lecturas del Tecator (X) en el ámbito de 20,6 a 35,0 unidades, fue:

$$Y = 38{,}361982 - 3{,}305769\ X + 0{,}092023\ X^2 \quad (2)$$

La menor humedad observada (horno) fue de 9,04% y correspondió a una lectura del Tecator de 20,6 unidades. La humedad estimada por la ecuación fue de 9,31%. Por otro lado, la mayor humedad observada fue de 34,7% (estimada de 35,3%) y correspondió a una lectura del Tecator de 35,0 unidades. El Tecator, a diferencia del Motomco, sí dio lecturas positivas para humedades de 9,04, 9,99 y 10,68%.

Calibración del Motomco para café oro

La ecuación de regresión que mejor se ajusta a la relación entre las lecturas del Motomco y el método de referencia en el ámbito de 19,9 a 94,5 unidades, (Figura 3A) fue:

$$Y = 7{,}033653 + 0{,}1319\ X \quad (3)$$

La menor humedad observada fue de 9,26% (horno) y correspondió a una humedad estimada de 9,65% con el Motomco. Asimismo, la mayor humedad observada fue 19,11% estimada por la ecuación en 19,49%. Para humedades mayores de 20% no se obtuvieron lecturas del Motomco, lo cual es irrelevante puesto que la determinación de contenidos de humedad tan altos en café oro no tiene ninguna aplicación práctica.

Calibración del Tecator para café oro

La ecuación de la curva de regresión que mejor estimó los contenidos de humedad del café oro (Y), a partir de las lecturas del Tecator (X) en el ámbito de 23,7 a 42,3 unidades, (Figura 3B), fue:

$$Y = 12{,}09788 - 0{,}440676\ X + 0{,}014677\ X^2 \quad (4)$$

A la menor humedad observada en el horno (9,23%) le correspondió una lectura del Tecator de 23,7 unidades, la humedad estimada respectiva fue 9,90%. Por otra parte, la mayor humedad observada fue 20,65% (estimada por la ecuación en 19,71%) y correspondió a una lectura del Tecator de 42,3 unidades. A diferencia del Motomco se obtuvieron lecturas con el Tecator para los valores de humedad de 20,28 y 20,65%.

Algunos comentarios sobre el análisis estadístico de los datos

Los coeficientes de determinación (R^2) se muestran en el Cuadro 1. Para la calibración del Motomco con café pergamino, el coeficiente de determinación señala que la relación cuadrática entre las humedades del horno y las lecturas del Motomco explica el 99,46% de la variación en los contenidos de humedades observados. Un comentario similar es válido para las restantes calibraciones.

Cuadro 1. Coeficientes de determinación y errores estándar de las ecuaciones de las curvas de calibración.

Calibración	Coeficiente de determinación	Error estándar
Motomco con café pergamino	0,9946	0,5396
Tecator con café pergamino	0,9874	0,8701
Motomco con café oro	0,9945	0,2129
Tecator con café oro	0,9804	0,4854

Los errores estándar se muestran también en el Cuadro 1. De acuerdo con Doebelín, citado por Oliveros *et al.* (1989), el error estándar equivale a la precisión del medidor. Así, para la calibración con café pergamino la precisión del Motomco fue de 0,53%. Esto es cierto, siempre y cuando las lecturas del medidor oscilen entre 6,4 y 51,0 unidades. Cabe resaltar, que al utilizar el Motomco el 68,3% de las veces el error estándar estará entre ±0,53% y en el 95,5% de los casos entre ±1,07%. Un análisis similar es aplicable para las restantes calibraciones.

Los coeficientes de determinación y los errores estándar obtenidos en este trabajo fueron similares a los obtenidos por otros investigadores (Boyce, 1960; Wootton, 1967; Menchú y Yurrita, 1969; Oliveros *et al.*, 1989; Jiménez y Mata, 1991).

Con las ecuaciones 1 y 3 se elaboraron tablas de conversión preliminares, que permiten obtener las humedades estimadas a partir de las lecturas del Motomco. Estas tablas se presentan en los Cuadros 2 y 3. Con las ecuaciones 2 y 4 se obtuvieron los valores que se deben introducir al Tecator (Cuadro 4), mediante un procedimiento descrito en el Manual Técnico (Tecator AB, s.f.).

Cuadro 2. Tabla de conversión preliminar para el Motomco con café pergamino*.

Lectura del Motomco	Humedad estimada (%b.h.)	Lectura del Motomco	Humedad estimada (% b.h.)	Lectura del Motomco	Humedad estimada (% b.h.)
6	13,00	22	16,37	37	24,00
7	13,06	23	16,75	38	24,66
8	13,15	24	17,14	39	25,35
9	13,26	25	17,55	40	26,05
10	13,38	26	17,99	41	26,77
11	13,52	27	18,44	42	27,50
12	13,69	28	18,91	43	28,26
13	13,87	29	19,40	44	29,04
14	14,07	30	19,90	45	29,84
15	14,29	31	20,43	46	30,65
16	14,53	32	20,98	47	31,49
17	14,79	33	21,55	48	32,34
18	15,07	34	22,13	49	33,21
19	15,37	35	22,74	50	34,11
20	15,68	36	23,36	51	35,02

* Peso de muestra de 175g con ajuste de escala a 63.

Cuadro 3. Tabla de conversión preliminar para el Motomco con café oro*.

Lectura del Motomco	Humedad estimada (%b.h.)	Lectura del Motomco	Humedad estimada (% b.h.)	Lectura del Motomco	Humedad estimada (% b.h.)
20	9,67	47	13,23	74	16,79
21	9,80	48	13,36	75	16,93
22	9,94	49	13,50	76	17,06
23	10,07	50	13,63	77	17,19
24	10,20	51	13,76	78	17,32
25	10,33	52	13,89	79	17,45
26	10,46	53	14,02	80	17,59
27	10,59	54	14,16	81	17,72
28	10,73	55	14,29	82	17,85
29	10,86	56	14,42	83	17,98
30	10,99	57	14,55	84	18,11
31	11,12	58	14,68	85	18,25
32	11,25	59	14,82	86	18,38
33	11,39	60	14,95	87	18,51
34	11,52	61	15,08	88	18,64
35	11,65	62	15,21	89	18,77
36	11,78	63	15,34	90	18,90
37	11,91	64	15,48	91	19,04
38	12,05	65	15,61	92	19,17
39	12,18	66	15,74	93	19,30
40	12,31	67	15,87	94	19,43
41	12,44	68	16,00	95	19,56
42	12,57	69	16,13	96	19,70
43	12,71	70	16,27	97	19,83
44	12,84	71	16,00	98	19,96
45	12,97	72	16,53	99	20,09
46	13,10	73	16,66	100	20,22

* Peso de muestra de 250 g con ajuste de escala a 53.

Cuadro 4. Valores que se deben introducir al Tecator.

Café pergamino		Café oro	
Byte	Valor	Byte	Valor
6	8,8	7	9,6
7	10,5	8	10,4
8	14,0	9	11,6
9	19,5	10	13,0
10	26,8	11	14,8
11	36,0	12	16,8
		13	19,2

CONCLUSIONES

El método ISO 1447, originalmente de 2 etapas al horno, se puede emplear satisfactoriamente con una sola etapa. También existe la alternativa de usarlo con una corrección empírica constante.

La humedad del café pergamino y del café oro producido y procesado en nuestro país, es estimada con poca exactitud con las tablas de conversión originales del Motomco; se mejoró su estimación utilizando las tablas obtenidas en este trabajo. Las humedades estimadas con el Tecator también son aceptables.

En café, los medidores Motomco y Tecator sólo deben calibrarse en un ámbito de humedad entre 9 y 35%. Finalmente, la calibración del Motomco y del Tecator efectuadas en este trabajo es preliminar, de manera que se debe utilizar con cautela.

RESUMEN

Se probó una versión modificada del método de rutina ISO 1447 para determinar en horno el contenido de humedad en café pergamino y

oro, los resultados se compararon con el método original. La diferencia promedio entre las humedades obtenidas con ambos métodos (0,2% b.h.) no fue significativa. Por esta razón el método ISO 1447 (2 etapas al horno) es satisfactorio con una etapa al horno. También se puede usar con una corrección empírica constante.

Se analizó el comportamiento de los determinadores eléctricos de humedad Motomco 919 y Tecator T25 en el ámbito de 9 a 50%. A niveles de humedad menores de 35% las lecturas de los medidores aumentaron conforme se incrementó la humedad del café. Para humedades mayores de 35%, las lecturas tuvieron un comportamiento errático. La calibración de los medidores Motomco y Tecator debe limitarse al ámbito de humedad de 9 a 35%.

Se evaluaron las escalas y tablas originales de conversión de humedad de los medidores eléctricos Motomco y Tecator para café pergamino y oro y se compararon contra el método ISO 1447 modificado, utilizado como referencia. En café pergamino las humedades obtenidas con las tablas originales del Motomco difieren significativamente de las estimadas con el método de referencia (desviación promedio de 1,50%). Asimismo, las humedades obtenidas con las tablas originales del Motomco para café oro, fueron siempre mayores que las humedades determinadas con el método de referencia (desviación promedio de 0,47%).

Con el propósito de mejorar la exactitud de los determinadores de humedad, se efectuaron nuevas calibraciones utilizando café producido y procesado en el país. Con el Motomco 919 se obtuvo una exactitud (error estándar) de 0,54% para café pergamino y de 0,21% para café oro. El Tecator P25 mostró una precisión 0,87% con café pergamino y 0,48% con café oro. Las nuevas tablas de humedad elaboradas para el Motomco estimaron con mayor exactitud la humedad del café oro y pergamino. Las humedades estimadas con el Tecator son también aceptables.

LITERATURA CITADA

ANDERSON B., N.A. 1978. Moisture and mass flow measurement of powdered and granular materials. M. Sc. Thesis. Bradford, EE.UU., University of Bradford. 98 p.

ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE. 1985. Manual de beneficiado del café. Guatemala, s.n. 119 p.

BOYCE, D.S. 1960. The determination of moisture in parchment coffee and green coffee beans with a dielectric-type moisture meter. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 44(4):176-193.

JIMENEZ, R.; MATA, G. 1991. Modelos de calibración para equipos de medición del contenido de humedad en café (*Coffea arabica*). Agronomía Costarricense 15(1/2):67-72.

MARQUES P., J.A.; RIBEIRO, A.L. 1984. Determinaçâo de umidade em grâos. Brasil. s.n. 23 p.

MENCHU, J.F.; YURRITA, E.R. 1969. Evaluación de un medidor rápido para la humedad del café en pergamino y oro. Revista Cafetalera (Gua.) 92:11-24.

MOTOMCO. s.f. Operating instructions for model 919 moisture meter. EE.UU. s.n.

OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G.; AVAREZ G., J. 1989. Medidor rústico de humedad para café pergamino (Cenicafé MH-2) Cenicafé (Col.) 40(2):40-53.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION. 1978. Green coffee: Determination of moisture content (Routine method). Switzerland. 4 p.

TECATOR AB. s.f. Manual moisture system 6020 central unit P25. Hoganas, Sweden. s.n.

WOOTTON, A.E. 1967. A comparison of methods for the measurement of moisture content in parchment and green coffee. *In* Troisième Colloque International sur la Chimie des Cafés Verts, Torréfiés et leurs Dérives (2-9 juin 1967, Tieste) Tieste, République Française ASIC. p. 92-100.